

## Le creusement du Grésivaudan : état actuel du problème

par Jacques DEBELMAS\*

**RÉSUMÉ.** — Le creusement du Grésivaudan et de la Combe de Savoie n'avait plus fait l'objet d'examen depuis les années 1950 où cet ensemble de vallées était expliqué, dans le cadre de la théorie de l'écoulement par gravité, comme une crevasse tectonique agrandie par l'érosion. L'abandon de cette théorie et diverses données nouvelles permettent de repenser le problème auquel est étroitement lié celui du creusement de la cluse de l'Isère.

C'est l'érosion fluviale néogène, puis surtout celle du Quaternaire ancien qui sont responsables du creusement de ces grandes vallées, mais dans le cadre d'un soulèvement assez rapide de ses deux bordures, ce qui donne au bord subalpin et à Belledonne un âge étonnamment jeune, de l'ordre de 2 Ma. L'oeuvre glaciaire est surtout celle du glacier rissien. La schistosité des Terres Noires jurassiques où s'encaisse la vallée a certainement été le facteur le plus favorable à la rapidité du creusement. L'existence d'un fossé d'effondrement récemment proposée, reste à démontrer.

**MOTS CLÉS.** — Origine des vallées alpines, creusement épigénétique, captures, érosion glaciaire, lacs interglaciaires, liaisons tectonique-érosion, néotectonique.

## The digging of the Gresivaudan : a current view of the problem

**ABSTRACT.** — The digging of the Gresivaudan and Combe de Savoie, a characteristic large depression of the Northern Alpine chain, is a consequence of the fluvial Neogene and mainly Early Quaternary erosion working in the frame of the rather quick neotectonic rising of its borders (1 mm/y). Thus, the age of this large depression is surprisingly young, about 2 My.

The glacial erosion is especially linked with the Riss glacier. The deep cleavage of the Middle Jurassic calcareous marls, in which the valley is dug into, is certainly the most efficient factor explaining the fast deepening. A recent interpretation of the Gresivaudan as an half-graben is not convincingly supported.

**KEY WORDS.** — Genesis of mountain valleys, epigenesis, fluvial captures, glacial erosion, tectonic-erosion connexions, neotectonics, recent evolution of Grenoble surroundings.

Le Grésivaudan et son prolongement nord, la Combe de Savoie, forment un des traits majeurs de la morphologie des Alpes françaises. Bien qu'il ne s'agisse que d'une partie du « sillon subalpin », cette grande dépression qui sépare Belledonne, d'une part, de l'ensemble Bauges-Chartreuse d'autre part, a ceci de particulier qu'elle est actuellement une vallée à fond plat, profondément surcreusée par les glaciers, puis remblayée par

l'Isère et ses affluents entre Albertville et Grenoble. La morphologie glaciaire y est omniprésente, mais l'action des glaciers s'est exercée sur une vallée fluviale préexistante dont le creusement a probablement bénéficié de dispositions tectoniques favorables.

Cette origine tectonique a pourtant été considérée comme prépondérante dans les années 50 où les

---

\*Institut Dolomieu, 15, rue Maurice Gignoux, 38031 Grenoble Cedex.

géographes alpins [Masseport, 1955, Blanchard, 1956 notamment] ont adopté l'hypothèse de la déchirure ou de la crevasse tectonique, c'est-à-dire une fissure ouverte par distension dans la couverture sédimentaire du versant NW de Belledonne glissant par gravité sur son socle ancien et allant se plisser en bout de course. La fissure ou la crevasse aurait été ensuite agrandie par érosion.

Cette explication a pris naissance dans le cadre de la théorie dite d'écoulement par gravité et ne fut pas sérieusement remise en cause jusque vers les années 80 où la théorie en question perdit beaucoup de son crédit et dut être abandonnée, dans le cas particulier, quand il devint évident que le soulèvement de Belledonne était postérieur au plissement des chaînes subalpines [Gidon, 1981]. L'axe de ce soulèvement est en effet NE-SW et recoupe les plis subméridiens (N 15) de la Chartreuse et des Bauges, ou dévie les plis plus méridionaux de part et d'autre de sa terminaison sud (de N 15 à N 170). De plus, ces plis sont affectés de transsynclinaux et transantyclinaux parallèles au grand axe de Belledonne [Gidon, 1995]. Il faut donc repartir des anciennes explications basées sur la seule érosion, mais en y ajoutant diverses considérations tectoniques qui ont certainement joué un rôle dans ce creusement.

#### 1. – L'ÉROSION FLUVIATILE

Quand la chaîne de type actuel a commencé à se dessiner au Miocène, vers -20 Ma, des rivières en ont immédiatement creusé les flancs et on peut raisonnablement penser que ce creusement s'est fait suivant la ligne de plus grande pente mais avec beaucoup de sinuosités évidemment dues aux structures antérieures. Le canevas en est mal connu, au moins dans les Alpes françaises du nord.

Ces rivières étaient en fait des fleuves qui venaient se jeter dans la mer qui, dès le Burdigalien, ceinturait les premiers reliefs. Ainsi, ont pu s'édifier une série de deltas dont l'un se situe précisément au niveau de la cluse de l'Isère. Actuellement, une partie de ses conglomérats est impliquée dans les plis subalpins par suite de plissements tardifs, tandis que l'essentiel s'étale largement dans le Bas-Dauphiné. Vers l'Est, les affleurements ne dépassent pas une ligne La Monta/St Nizier si bien que l'emplacement exact de l'embouchure de ce fleuve n'est pas connue. Pour simplifier, on peut admettre qu'elle devait se situer dans la région grenobloise.

Sur le plan stratigraphique, les conglomérats de la cluse de l'Isère et de ses bordures vont du Miocène moyen à la fin du Tortonien, tandis qu'en Bas Dauphiné ils se terminent plus tard, au Pontien ou au Pliocène inférieur.

L'étude pétrographique des galets [Bocquet, 1966] a montré que, dans la cluse de l'Isère, leur plus grande

partie est faite de calcaires crétacé supérieur qui devaient alors recouvrir la future région grenobloise et ont donc été les premiers attaqués. On ne trouve aucune roche de Belledonne ou de l'Oisans (elles n'apparaissent qu'au sommet des conglomérats en Bas Dauphiné). Donc, à -7 Ma environ, ces massifs n'étaient pas encore soulevés et le Grésivaudan n'existait pas. En revanche, on trouve des galets des zones internes, notamment des radiolarites et des serpentinites qui montrent que le haut bassin de cette paléo-Isère devait se trouver dans la zone des Schistes lustrés, quelque part dans la région de Briançon. Tous les auteurs s'accordent pour estimer que la Romanche serait le reste de ce cours d'eau. Mais en amont du bassin actuel de la Romanche, les choses sont confuses, la géographie ayant été bouleversée par les soulèvements ultérieurs.

Peut-être la curieuse et vaste dépression E-W que constituent successivement la vallée de la Guisane, le Col du Lautaret et le bassin de Villard d'Arène-La Grave représenterait-elle une partie de l'ancienne vallée recherchée. Plus en aval, le tracé de la Romanche actuelle correspondrait au cours du fleuve tertiaire, progressivement encaissé au fur et à mesure du soulèvement de l'ensemble Belledonne/Oisans.

On peut reprendre le même raisonnement pour la vallée de l'Arc et même la haute Isère (fig. 1). Les fleuves tertiaires correspondants auraient creusé, respectivement, les cluses de Chambéry et d'Annecy, toutes deux mortes aujourd'hui. Comment passer de ce réseau miocène au Grésivaudan et à la Combe de Savoie ? Ces deux dépressions sont creusées dans une bande de roches tendres (marnes oxfordiennes et calcaires marneux bathoniens et calloviens, c'est-à-dire les Terres noires jurassiques). Cette bande est parallèle à Belledonne. Elle a donc été creusée lors du soulèvement de cette chaîne, ce qui implique qu'elle n'était déjà plus protégée par une carapace sénonienne, urgonienne ou tithonique. L'érosion néogène avait déjà dû mettre à nu ces roches tendres, si bien que le soulèvement de Belledonne a permis que s'y encaissent rapidement les affluents des fleuves précédemment évoqués. Ces affluents se sont ensuite capturés progressivement du Sud vers le Nord, en direction du cours d'eau de Grenoble (fig. 1) dont le niveau de base était le plus bas parce que plus proche du niveau de base rhodanien et dont l'écoulement aval n'était pas gêné par les chaînons jurassiens comme pour les autres cours. Seule la cluse de Grenoble est restée fluviale.

Ce ne sont pas là des idées neuves. On en trouve déjà l'essentiel chez Lugeon [1901] et Blanchard [1941]. Mais elles furent ensuite rejetées par ce dernier devant la facilité d'explication qu'apportait la théorie de l'écoulement par gravité. Elles avaient donc besoin d'être réexprimées et adaptées aux données nouvelles que nous possédons sur les mouvements verticaux des massifs bordiers, et que je vais évoquer en partant, paradoxalement, de la cluse de l'Isère.

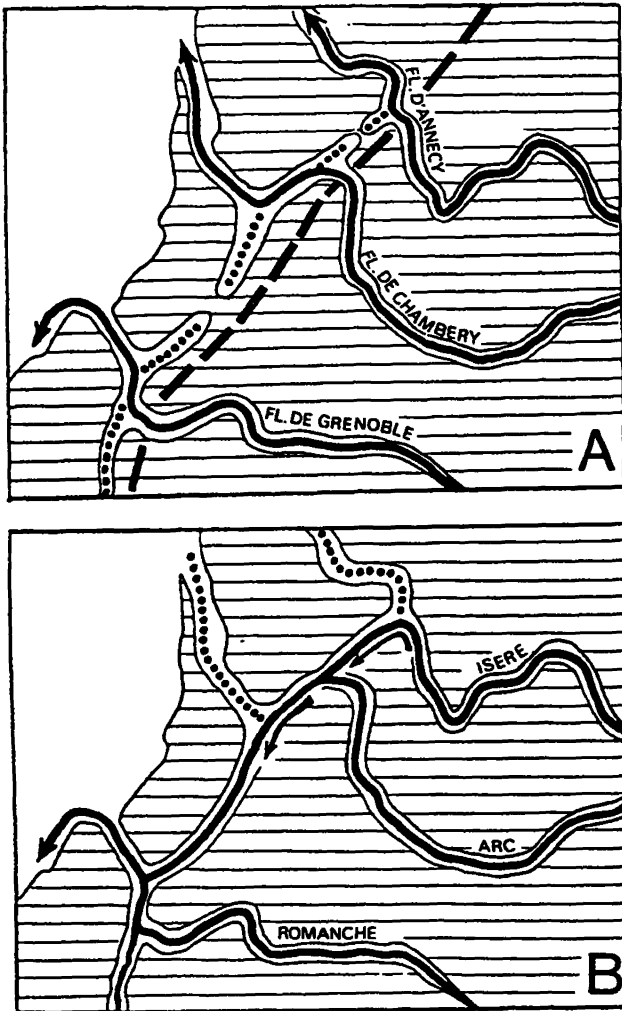


FIG. 1. — A : fleuves alpins à la fin du Néogène. Le trait tireté gras marque l'axe de soulèvement du massif de Belledonne. B. : Captures ayant abouti au schéma actuel.

### 1.1. Le creusement de la cluse de l'Isère

Il a déjà fait l'objet de nombreuses publications depuis le début de ce siècle. On l'a expliqué par un ensellement des plis subalpins ou un faisceau de failles transversales qui auraient ainsi déterminé l'existence d'une zone déprimée ou fragile ayant pu diriger l'érosion dès le début de son action, sans oublier l'hypothèse de la déchirure tectonique, hypothèse émise, comme on l'a dit, dans le cadre de la tectonique d'écoulement par gravité et qui expliquait que les coupes données par les deux rives de la cluse étaient apparemment assez différentes l'une de l'autre.

Le travail récent de M. Gidon [1995] vient de démontrer qu'il n'en était rien et qu'on observait en fait une continuité des structures d'une rive à l'autre, sans ensellement ni fracture, à condition d'en bien raccorder les tronçons, à l'exception, toutefois, de l'extrémité amont de la cluse où une fracture semble bien séparer les deux rives, mais son rôle est insuffisant pour être l'accident responsable du creusement de l'ensemble.

Nous voilà donc renvoyés à la seule action de l'érosion qu'il faut analyser de façon plus précise.

Partons du delta miocène de Grenoble/Voreppe. On sait que ses dépôts se terminent au Miocène supérieur ou au Pliocène inférieur (en Bas Dauphiné), ce qui veut dire qu'à cette époque le bras de mer périalpin était comblé par les apports continentaux issus des Alpes. Les fleuves miocènes n'en persistaient pas moins, mais leur cours rejoignait vers le NW un Rhône naissant. L'embouchure du fleuve de Grenoble progressait vers le NW, pendant que sa basse vallée correspondait à la future cluse de Grenoble. Comme les domaines subalpins bordiers allaient peu à peu s'élever, la cluse a dû nécessairement s'engaisser de façon épigénique. Ce creusement a-t-il eu une influence sur le plissement post-miocène du domaine subalpin ? L'âge exact de ce plissement est mal connu. Plus exactement, une certaine structuration subalpine était déjà acquise avant le Miocène [Gidon, 1988, 1994, 1995], même si, dans les affleurements, le Miocène n'est pas en discordance franche sur son substratum (mais les affleurements de son contact basal ne sont que rarement visibles au niveau des charnières des anciens plis ; ils le sont seulement sur leur flanc E, peu penté). Bref, les plis subméridiens de la Chartreuse et du Vercors étaient très probablement esquissés avant le Miocène.

Comme le Miocène est actuellement plissé et engagé dans les chevauchements, il y a donc eu des mouvements tardifs, d'âge précis mal connu, qui ont d'abord repris les anciens plis subméridiens en les tordant et en rompant leurs flancs W en chevauchements [Gidon, 1988], puis se sont exercés suivant une orientation légèrement différente, NE-SW, donnant alors quelques ondulations transaxiales, parallèles à l'axe de Belledonne, accompagnés de décrochements [Gidon, 1990] et du chevauchement de Voreppe, tous NE-SW.

Ce sont évidemment ces deux séries de mouvement post-miocènes qui auraient pu interférer avec le creusement de la cluse. Or ce creusement n'a pas perturbé la continuité des plis d'une rive à l'autre [Gidon, 1995]. Le creusement n'était probablement pas assez avancé quand ces mouvements se sont produits, y compris leur phase tardive puisque le chevauchement de Voreppe et les plis transaxiaux ne sont pas décalés d'une rive à l'autre.

Ce serait donc pendant ou après cette phase que le soulèvement subalpin se serait manifesté, avec celui de Belledonne et, à l'Ouest, celui de la surface de remblaiement pliocène ou villafranchienne du Bas-Dauphiné, ce qui nous amène à la limite Pliocène-Quaternaire ou au Quaternaire ancien, soit -2 Ma environ.

Or la cluse s'est creusée de 2000 m si l'on croit l'entaille des massifs bordiers, ce qui donne une vitesse moyenne de 1 mm/an, qui est précisément celle du soulèvement de la Chartreuse et du Vercors, telle qu'elle a pu être mesurée à partir des comparaisons de mesures

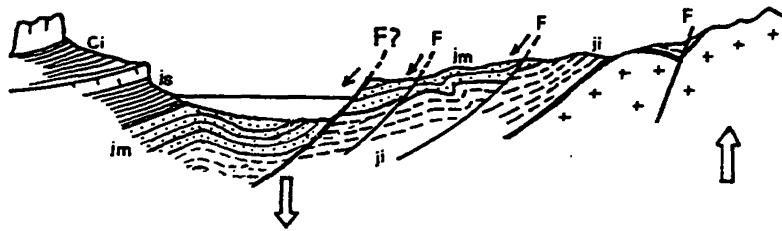


Fig. 2. — Coupe géologique du Grésivaudan dans l'hypothèse du fossé d'effondrement de X. Darmendrail (1944).

Ces mesures montrent aussi que la cluse s'affaisserait de 2 mm/an, mais ce chiffre doit être accueilli avec prudence, car il pourrait ne traduire que des tassements dans le remplissage alluvial, bien plus qu'un effondrement tectonique.

Ces mouvements verticaux, de l'ordre de 1 à 2 mm/an se retrouvent aussi pour le massif de Belledonne dont il paraît désormais acquis que le soulèvement est très récent, guère plus ancien que 2 Ma, ce qui s'accorderait avec sa morphologie massive que l'érosion a à peine entamée.

## 1.2. Autres données tectoniques

Il résulte de la jeunesse des reliefs bordiers que le processus d'érosion a dû être extrêmement rapide. On s'est donc demandé si certaines dispositions tectoniques n'y avaient pas contribué.

La plus efficace a certainement été la *schistosité*, omniprésente dans les calcschistes jurassiques et, de plus, grossièrement parallèle à la direction générale du creusement : le matériau était donc extrêmement facile à excaver, surtout en régime glaciaire.

Récemment a été proposée l'hypothèse d'un fossé, ou plus exactement d'un *demi-fossé d'effondrement parallèle au Grésivaudan* et se confondant avec lui [Darmendrail op. cit.]. L'auteur se base d'abord sur la morphologie très particulière de la rive gauche de la vallée, marquée par un abrupt régulier qui limite au SE le fond plat du Grésivaudan, le séparant de la banquette cultivée et habitée qui court au pied de Belledonne. En raison même de la continuité et de la régularité de cet escarpement, X. Darmendrail y voit la *faille bordière d'un demi-graben* (fig. 2), alors que cette disposition a toujours été considérée, avec raison, comme un gradin de confluence glaciaire limitant l'auge principale du dernier glacier, gradin qu'entaillent de petites gorges de raccordement. La faille bordière proposée n'apparaît nulle part sur le terrain.

X. Darmendrail s'appuie aussi sur la curieuse dissymétrie du Grésivaudan puisqu'en rive droite, il n'existe aucun épaulement de ce genre pouvant correspondre à l'autre bord de l'ancienne auge glaciaire : l'abrupt de la rive gauche ne pourrait donc être que tectonique. En fait, cette dissymétrie s'explique par l'absence d'appareils glaciaires locaux, importants,

symétriques de ceux du flanc de Belledonne et ne peut donc parler en faveur d'un demi-fossé d'effondrement en Grésivaudan.

En revanche, on pourrait être frappé par la zone d'érosion extrêmement active que représente l'ensemble Grésivaudan-Combe de Savoie, ensemble qui ne se manifeste pas vers le Nord, entre Albertville et Sallanches où, pourtant, la bande de Terres Noires jurassiques se poursuit au flanc des Aravis, mais sans creusement particulier, où l'Arly et l'Arrondine n'ont pas encore éventré le seuil de Mégève. A première vue, cet argument est intéressant : la logique de la Combe de Savoie et du Grésivaudan paraît différente et on comprend les hésitations de Blanchard [1946] à n'y voir que la conséquence des captures de fleuves miocènes. Cette logique particulière pourrait être l'effondrement d'un graben ou demi-graben, même s'il n'est pas exactement celui proposé par X. Darmendrail. En fait, cet argument est, lui aussi, discutable car l'existence d'un tel fossé n'est pas indispensable et pourrait seulement s'expliquer par l'action glaciaire. Anticipant sur ce paragraphe, je dirai, en effet, que les glaciers, dès leur installation, n'ont pas eu d'autre choix que celui de suivre une vallée déjà bien marquée, issue des érosions fluviales néogènes et quaternaire ancien, avec son cortège de captures. Ce couloir unique qui s'offrait aux glaciers allait seulement d'Albertville à Grenoble puisqu'il quittait le domaine alpin par la cluse de l'Isère.

Plus intéressantes sont les *mesures de nivellement comparées*. On a dit que Belledonne et les chaînes subalpines se soulevaient actuellement de 1 à 2 mm/an et ont dû garder ce rythme depuis le Quaternaire ancien puisqu'il correspond bien aux altitudes actuelles. Or en même temps, la vallée s'affaisserait de 1,5 mm/an [Darmendrail, op. cit.], au moins actuellement, mais ce chiffre varierait suivant les époques et les lieux (l'affaissement se faisant vers le N ou le S de part et d'autre d'un axe situé approximativement au niveau du hameau de La Pierre). Dans le sens transversal, les chiffres sont également très variables d'un point à un autre, de 0 à 5 mm/an. Tous sont cependant discutables, car ils pourraient traduire de simples tassements dans les alluvions en liaison avec les oscillations de la nappe phréatique. Il n'en reste pas moins que les massifs bordiers se soulèvent. Entre eux, il y aurait donc la possibilité de dispositions tectoniques particulières, encore actives, dans le creusement du Grésivaudan, mais elles restent conjecturales.

## 2. – LE CREUSEMENT GLACIAIRE

Si le Grésivaudan s'est creusé pendant les deux derniers millions d'années, les premières actions glaciaires sont donc intervenues assez vite et sur un réseau fluvial certes esquissé depuis 15 à 16 Ma mais probablement peu encaissé encore. Les glaciers ont donc largement participé au creusement ultérieur, peut-être plus fortement que l'on ne le pense généralement en ne leur attribuant que le calibrage de la vallée et le surcreusement de l'ombilic de Grenoble. Leur efficacité a été certainement liée à la schistosité prononcée du matériel jurassique, les schistes pouvant être très facilement extirpés par le processus bien connu de la ventouse glaciaire.

Sur les quatre glaciations ayant intéressé les Alpes (Günz, Mindel, Riss, Wurm) c'est celle du Riss qui a été la plus importante [BRGM, 1984] et qui a certainement contribué le plus efficacement au creusement du sillon subalpin car, après le Riss, s'est installé le lac du Grésivaudan et de la cluse de l'Isère dont les dépôts ont colmaté la vallée. Puis est venue la glaciation de Würm, moins importante, qui n'a donc pu déblayer tous les matériaux de ce remblaiement et dont l'entaille a été de nouveau occupée par un lac, à son tour comblé.

Le Quaternaire montre donc les périodes de creusement suivantes :

- jusqu'à la glaciation éventuelle de Günz (-1 à -0,9 Ma), le creusement fluvial est seul en action,

- du Günz à la fin du Riss (-0,7 à -0,12 Ma), l'action glaciaire s'installe et va aller en croissant par rapport à l'érosion fluviale des interglaciaires jusqu'à devenir

prépondérante pendant le Riss (-0,26 à -0,12 Ma), étant cependant entendu que l'interglaciaire Mindel-Riss a été la période de plus grand creusement des vallées quaternaires alpines et périalpines (90 m le long du Rhône) et a ainsi largement préparé l'action du glacier rissien.

Depuis, soit donc dans les derniers 100.000 ans, toute érosion verticale a cessé dans le Grésivaudan et ses annexes, l'approfondissement (si tant est qu'il se poursuive) ne serait dû désormais qu'à la seule action conjuguée du soulèvement de ses bordures et de son propre affaissement, deux mouvements antagonistes qui se poursuivaient, quant à eux, depuis près de 2 Ma, probablement à des rythmes différents suivant les époques.

En résumé, si les nouvelles données dont on dispose sur le creusement du Grésivaudan redonnent une nouvelle vigueur à l'explication basée sur l'érosion fluviale et les captures, au moins pendant la préhistoire de ce sillon, elles confortent les réticences de R. Blanchard et d'autres géographes pour en faire le seul agent de creusement. Elles montrent que les phénomènes tectoniques (mouvement verticaux) ont joué un rôle non négligeable, mais selon un processus bien différent de la crevasse tectonique des années 50. Ces données nouvelles ont également l'intérêt de montrer que l'essentiel du creusement est très récent, n'étant qu'à peine esquissée au Néogène et que, dans ces conditions, le rôle de l'ablation glaciaire surtout rissienne, ne doit pas être sous-estimé, mais bien au contraire considéré comme un facteur majeur de ce creusement.

## Références

- BLANCHARD R. (1947).– Les Alpes occidentales. Ed. Arthaud, Grenoble, 2, p.169-188.
- BLANCHARD R. (1956). – Les Alpes occidentales, Ed. Arthaud, Grenoble, 7, p. 73-74
- BOCQUET J. (1966).– Le delta miocène de Voreppe. Etude des conglomérats du Miocène des environs de Grenoble. *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, 42, 53-76.
- DARMENDRAIL X. (1994).– Déformations récentes et actuelles des Alpes occidentales. Mise en évidence, caractérisation et quantification par analyse géomorphologique et comparaison de nivellements. *Géologie Alpine*, mém. HS n° 21, 174 p.
- GIDON M. (1981).– Les déformations de la couverture des Alpes occidentales dans la région de Grenoble ; leurs rapports avec celles du socle. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 292, 1057-1060.
- GIDON M. (1988).– L'anatomie des zones de chevauchement du massif de la Chartreuse. *Géologie Alpine*, 64, 27-48.
- GIDON M. (1994).– Quelques aspects des rapports entre l'histoire tectonique et la morphologie dans le massif de la Chartreuse. *Géologie Alpine*, 70, 13-28.
- GIDON M. (1995).–Tectonique et origine de la cluse de Grenoble. *Géologie alpine*, 71, 175-192.
- LUGEON M. (1901).– Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. *Ann. de Géographie*, X, 295-317 et 401-428.
- MASSEPORT J. (1955).– Le sillon alpin : dépression d'érosion ou déchirure structurale. *Rev. Géographie Alpine*, XLIII, 4, 793-819.
- MONJUVENT G. (1984).– Quaternaire, in Debrand-Passard S. et al., Synthèse géologique du SE de la France. *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.*, 125, 544-572.